

УДК: 669.45.018.8.24/882

DOI: 10.65599/ENG4752

ТАЪСИРИ ИЛОВАИ ТАЛЛИЙ БА МИКРОСОХТОР ВА ХОСИЯТҲОИ МЕХАНИКИИ БАББИТИ ҚАЛЪАГӢ Б83

И.Н. Ганиев, Х.Д. Музафаров, Р.Д. Исмонзода, Х.М. Хочаназаров

Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ, ш. Душанбе, Ҷумҳурии Тоҷикистон

Дар мақола микросохтор ва хосиятҳои механикии баббити қалъагӣ Б83 бо иловаи таллий таҳқиқ карда шудааст. Баббити қалъагӣ Б83 ҳулаи асосан қалъагӣ (Sn) буда, одатан дорои сурма (Sb) ва мис (Cu) мебошад ва барои милдонҳои лағжишӣ васеъ истифода бурда мешавад. Ворид намудани таллий (Tl) ҳамчун унсурӣ ҷавҳароникунанда ба тағйирёбии таркиби фазаӣ ва сохтори дохилии моддаи ҷузъҳои сахт дар заминаи мулоими баббити қалъагӣ мусоидат менамояд. Натиҷаҳои таҳқиқоти металлографӣ нишон медиҳанд, ки дар сохтори ибтидоии баббити қалъагӣ Б83 фазаҳои сахти интерметаллидии навъи SnSb ва Cu_6Sn_5 дар матритсаи α -Sn паҳн шудаанд. Иловаи таллий ба майдашавии донаҳо, якхелашавии тақсимои фазаҳои сахт ва коҳиши андозаи онҳо оварда мерасонад. Бо иловаи таллий беҳтар гардидани қобилияти борбардорӣ ва баландшавии устувории сохторӣ баббити қалъагӣ Б83 мусоидат менамояд. Таҳқиқотҳои механикӣ нишон медиҳанд, ки бо зиёд намудани миқдори оптималии таллий сахтӣ ва устувории фарсудашавӣ меафзояд, дар ҳоле ки пластикӣ дар ҳадди қобили қабул нигоҳ дошта мешавад. Инчунин, коҳиш додани ташаккули тарқишҳои микроскопӣ дар сарҳадҳои донагӣ мушоҳида карда мешавад, ки ба муҳлати зиёд истифода бурдани милдонҳо таъсири мусбат мерасонад. Таҳқиқотҳо нишон медиҳанд, ки ҷавҳаронии баббити қалъагӣ Б83 бо иловаи оптималии таллий боиси тақмилёбии микросохтор ва беҳтар шудани хосиятҳои механикӣ гардида, барои истифодаи суръатҳои баланд ва борҳои зиёд тавсия дода мешавад.

Калимаҳои калидӣ: баббити қалъагӣ Б83; таллий; микросохтор; фазаҳои интерметаллидӣ; α -Sn матритса; SnSb; Cu_6Sn_5 майдашавии донаҳо; сахтӣ; устувории фарсудашавӣ; хосиятҳои механикӣ; милдонҳои лағжишӣ.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ТАЛЛИЯ НА МИКРОСТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОЛОВЯННОГО БАББИТА Б83

И.Н. Ганиев, Х.Д. Музафаров, Р.Д. Исмонзода, Х.М. Ходжаназаров

Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими, г. Душанбе, Республика Таджикистан

В статье исследованы микроструктура и механические свойства твердого баббита марки Б83 с добавкой таллия. Баббит Б83 представляет собой сплав на основе олова (Sn), обычно содержащий сурьму (Sb) и медь (Cu), и широко используется для скользящих подшипников. Введение таллия (Tl) в качестве легирующего элемента способствует изменению фазового состава и внутренней структуры твердых компонентов в мягкой матрице баббита. Результаты металлографических исследований показали, что в исходной структуре баббита Б83 твердые интерметаллические фазы типа SnSb и Cu_6Sn_5 распределены в матрице α -Sn. Добавка таллия приводит к измельчению зерен, выравниванию распределения твердых фаз и уменьшению их размера. Улучшение несущей способности и повышение структурной устойчивости баббита Б83 наблюдается при введении таллия. Механические испытания показали, что при оптимальном содержании таллия увеличиваются твердость и износостойкость, при этом пластичность сохраняется на допустимом уровне. Кроме того, наблюдается снижение склонности к образованию микроскопических трещин на границах зерен, что положительно влияет на долговечность работы подшипников. Таким образом, легирование твердого баббита Б83 оптимальным количеством таллия способствует улучшению микроструктуры и механических свойств и рекомендуется для применения при высоких скоростях и больших нагрузках.

Ключевые слова: оловянный баббит Б83; таллий; микроструктура; интерметаллидные фазы; матрица α -Sn; SnSb; Cu_6Sn_5 ; измельчение зерен; твердость; износостойкость; механические свойства; подшипники скольжения.

EFFECT OF THALLIUM ADDITIVES ON THE MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF TIN BABBITTE B83

I.N. Ganiev, Kh.D. Muzafarov, R.D. Ismonzoda, Kh.M. Khojanazarov

Tajik Technical University named after Academician M.S. Osimi, Dushanbe, Republic of Tajikistan

This article examines the microstructure and mechanical properties of solid babbitt grade B83 with the addition of thallium. Babbitt B83 is a tin (Sn)-based alloy, usually containing antimony (Sb) and copper (Cu), and is widely used for sliding bearings. The introduction of thallium (Tl) as an alloying element contributes to a change in the phase composition and internal structure of the solid components in the soft babbitt matrix. The results of metallographic studies have shown that in the initial structure of babbitt B83, solid intermetallic phases of the SnSb and Cu_6Sn_5 types are distributed in the α -Sn matrix. The addition of thallium leads to grain grinding, leveling the distribution of solid phases and reducing their size. An improvement in the bearing capacity and an increase in the structural stability of babbitt B83 is observed with the introduction of thallium. Mechanical tests have shown that with optimal thallium content, hardness and wear resistance increase, while plasticity remains at an acceptable level. In addition, there is a decrease in the tendency to form microscopic cracks at grain boundaries, which has a positive effect on the durability of bearings. Thus, alloying solid babbitt B83 with an optimal amount of thallium improves the microstructure and mechanical properties and is recommended for use at high speeds and heavy loads.

Keywords: tin-based babbitt B83; thallium; microstructure; intermetallic phases; α -Sn matrix; SnSb; Cu_6Sn_5 ; grain refinement; hardness; wear resistance; mechanical properties; sliding bearings

Муқаддима

Баббитҳо ҳулаҳои махсуси антифрикционӣ мебошанд, ки асосан аз қалъагӣ, сурб ва унсурҳои ҷавҳароникунанда иборатанд. Онҳо бо ҳосиятҳои баланди антифрикционӣ, қобилияти пластикии хуб ва коэффитсиенти пасти соиш тавсиф мешаванд. Баббитҳои қалъагӣ ҳангоми истифода ҳамчун маводи милдонӣ дорои маҷмӯи ҳосиятҳои мусоид мебошанд: устуворӣ ба зангзани, қобилияти бардошти сарбориҳои назаррас ва мутобиқшавӣ ба сатҳи корӣ [1].

Мутобиқи тамғагузориҳои стандартӣ, баббитҳои қалъагӣ ва сурбӣ (Б88, Б83, Б83С, Б16, БН, БС6) ва баббитҳои беқалъагӣ (БКА, БК2, БК2Ш) бо ҳарфи «Б» ишора карда мешаванд. Рақамҳо миқдори миёнаи қалъагиро бо фоиз нишон медиҳанд. Ҳарфҳои Н, К, С, Т мутаносибан мавҷудияти никел, калсий, сурб ва теллурро ифода мекунанд. Баббитҳо асосан дар мошинсозӣ ва таҷҳизоти саноатӣ истифода мешаванд, ки дар онҳо муҳлати кор ва эътимодноки аҳамияти ҳалкунанда доранд [2].

Соҳаи асосии истифодаи баббитҳо мошинсозӣ мебошад. Онҳо барои тайёр кардани милдонҳои муҳаррикҳо, турбинаҳо, компрессорҳо ва дигар механизмҳои гардишкунанда васеъ истифода мешаванд. Ҳосиятҳои антифрикционӣ имкон медиҳанд, ки соиш ва фарсудашавӣ кам шуда, муҳлати хизматрасонии таҷҳизот афзоиш ва хароҷоти амалиётӣ кам гардад. Баббитҳо инчунин дар киштисозӣ, энергетика ва нақлиёт мавқеи муҳим доранд: дар киштисозӣ дар милдонҳои муҳаррикҳо ва меҳварҳо, дар энергетика дар турбинаҳо ва генераторҳо, ва дар нақлиёт дар милдонҳои роҳи оҳан ва автомобилӣ истифода мешаванд [3, 4].

Истеҳсоли баббит мутобиқи ГОСТ 1320-74 бо истифода аз қалъагӣ, сурб, сурма ва унсурҳои ҷавҳароникунанда амалӣ карда мешавад. Интиҳоби таносуби оптималии компонентҳо ва назорати қатъии ҳарорат барои ташаккули микросохтори мутаносиб аҳамияти калон дорад. Раванди технологӣ марҳилаҳои тайёркунии ашёи хом, гармкунии пешакии тигел, боркунии пайдарпайи металлҳо, гудозиш ва омехтакунии интенсивӣ, тоза намудани шлак, устуворсозии таркиб ва рехтани баббит ба қолаб ё бевосита ба милдонро дар бар мегирад. Ҳарорати рехтагарӣ одатан 450–500°C нигоҳ дошта мешавад, ва суръати хунукшавӣ ба майдашавии донаҳо ва тақсимои якхелаи фазаҳои саҳт таъсир мерасонад [5].

Сохтори баббит гетерогенӣ буда, аз матритсаи мулоим ($\alpha\text{-Sn}$ ё $\alpha\text{-Pb}$) ва зарраҳои саҳти интерметаллидӣ иборат аст. Матритса қобилияти пластикӣ ва мутобиқшавӣ таъмин менамояд, дар ҳоле ки фазаҳои саҳти интерметаллидӣ, аз қабилҳои SnSb ва Cu_6Sn_5 , вазифаи қабули сарбориро иҷро мекунанд. Дар марҳилаи ибтидоии кор матритса ба сатҳи мил мутобиқ гардида, ноҳамворихоро ҷуброн мекунад, ва зарраҳои саҳт қисми асосии борро қабул мекунанд. Дар раванди фарсудашавӣ матритса қисман хориҷ шуда, зарраҳои саҳт «каркаси борбардор»-ро ташкил менамоянд, ки коэффитсиенти соишро коҳиш медиҳад ва устувории фарсудашавиро баланд мебардорад [6-8].

Баббити Б83 одатан барои милдонҳои мошинҳои иқтисодӣ баланд истифода мешавад, ки талаботи баланд ба коэффитсиенти пасти соиш ва қобилияти бардошти сарборӣ доранд. Ин милдонҳо метавонанд суръати муҳити то 50 м/с, ҳарорати корӣ то 75°C ва коэффитсиенти соиш бо молидан то 0,005 таъмин намоянд, ки ба милдон имкон медиҳад сарбории зиёда аз 100 кг/см²-ро таҳаммул кунад [9-10].

Ҳамин тавр, хусусиятҳои баббит на танҳо ба таркиби химиявӣ, балки пеш аз ҳама ба микросохтори дуфазаӣ (матрицаи мулоим ва зарраҳои саҳт) вобастаанд. Ин сохтор механизми мутавозини кории баббитро таъмин намуда, қобилияти баланд ба антифрикционӣ, борбардорӣ ва устувории дарозмуддатро таъмин мекунад. Аз ин рӯ, таҳқиқоти сохторӣ ва оптимизатсияи таркиб дар рушди баббитҳои баландсифат аҳамияти калон доранд.

Ҳадафи кори мазкур омӯзиши микросохтор ва ҳосиятҳои механикии баббити қалъагӣ Б83 бо иловаи таллий таҳқиқ карда шудааст.

Мавод ва усулҳои тадқиқот

Баббити қалъагӣ тамғаи Б83, ки бо иловаи таллий ҷавҳаронида шудааст, дар ҳарорати 450–500°C дар печи лаборатории навъи СШОЛ бо усули гудозиши компонентҳои ибтидоӣ ҳосил карда шуд. Барои тайёр намудани ҳула аз қалъагӣ тамғаи ОВЧ-000 (99,999 %) мувофиқи ГОСТ 860-75, мис тамғаи М0 (99,93 %) тибқи ГОСТ 859-2014, сурмаи металлӣ тамғаи Су00 (99,9 %) мутобиқи ГОСТ 1089-82 ва таллий тамғаи Тл 0000 (Тl 0000) мувофиқи ГОСТ 18337 истифода гардид.

Микдори таллий дар таркиби баббита ибтидоӣ дар доираи 0,05–1,0 % массавӣ тағйир дода шуд. Назорати таркиби химиявӣ ҳулаҳо бо роҳи вазнқунии дақиқи шихта ва инчунин тавассути ченқунии массаи намунаҳои ҳосилшуда амалӣ карда шуд. Агар фарқи массаи ҳисобшуда ва массаи воқеии намуна зиёда аз 3 % бошад, равандии синтези ҳула тақроран гузаронида мешуд.

Яке аз усулҳои муҳими таҳқиқи мавод омӯзиши микросохтори ҳулаҳо ба ҳисоб меравад. Таҳлили микроструктура имкон медиҳад таъсири коркарди деформатсионӣ ва ҳароратиро ба сохтор муайян намуда, ҳамзамон омилҳое, ки ба хосиятҳои маҳсулоти тайёр ва пайдоиши нуқсонҳо таъсир мерасонанд, муайян карда шаванд. Омӯзиши микросохтори баббита Б83, ки бо таллий ҷавҳаронида шудааст, бо истифода аз микроскопи оптикӣ навъи БИОМЕД-1 анҷом дода шуд.

Таҳқиқоти микроскопии металлҳо ва ҳулаҳо, ки аксар вақт микроанализ номида мешавад, ба омӯзиши сохтори дохилии онҳо бо ёрии микроскоп асос ёфтааст. Барои ин мақсад намунаҳои махсус омодашуда истифода мешаванд, ки онҳоро микрошлиф меноманд.

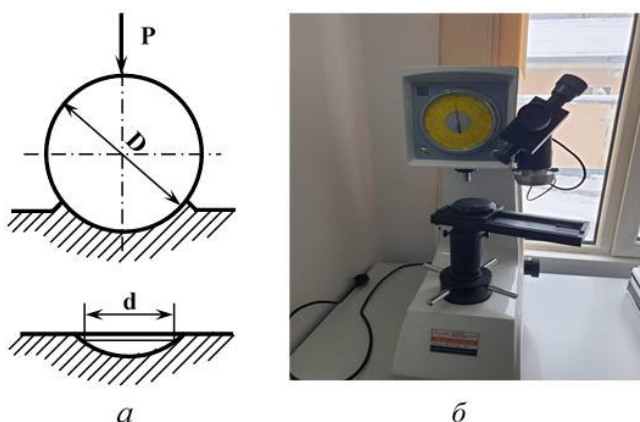
Омодасозии микрошлиф одатан аз интиҳоб ва буридани намуна аз қитъаи муайяни объекти таҳқиқшаванда оғоз мегардад. Қисмати интиҳобшуда вобаста ба вазифаи таҳқиқот муайян карда мешавад, масалан, минтақаи наздик ба ҷои шикаст, тарқиш ё дигар нуқсонҳои конструксионӣ.

Барои тайёр намудани микрошлифҳо одатан намунаҳои шакли чоркунча ё силиндрӣ истифода мешаванд. Андозаи намунаҳо чунин интиҳоб карда мешавад: паҳлӯи чоркунча ё диаметри онҳо тақрибан 10–20 мм, баландии онҳо бошад 10–30 мм мебошад. Пас аз буридани намунаҳо, онҳо бо истифода аз қоғазҳои суфтакунӣ тадриҷан сайқал дода мешаванд то он даме ки хатҳои харошидашуда пурра нест гарданд. Раванди суфтакунӣ аз қоғазҳои абразивии дорои андозаи дона 150–50 мкм оғоз гардида, баъдан ба қоғазҳои абразивии майдатар бо андозаи 20–5 мкм гузаронида мешавад.

Ҳангоми гузариш аз як қоғазӣ абразивӣ ба қоғазӣ дигаре, ки андозаи донаи он майдатар мебошад, зарур аст самти ҳаракати суфтакунӣ тақрибан ба 90° тағйир дода шавад. Ин амал имкон медиҳад, ки изҳои харошидаи марҳилаи пешина пурра бартараф гардида, сатҳи намуна ба таври яксон омода карда шавад. Барои иҷрои ин раванд одатан дастгоҳҳои махсус истифода мешаванд, ки дар онҳо қоғазҳои суфтакунӣ ба шакли лентаҳои даврзананда ё дискҳои гардишкунанда маҳкам карда мешавад.

Таҳқиқотҳои таҷрибавӣ мубоқи методикаҳое гузаронида шуданд, ки тартиби онҳо дар адабиёти илмӣ дахлдор [10] муфасссал шарҳ дода шудааст.

Бо мақсади омӯзиши микросохтори ҳулаҳо намунаҳои шакли силиндрӣ омода карда шуданд. Андозаи онҳо чунин интиҳоб гардид: дарозӣ дар ҳудуди 5–10 мм ва диаметри онҳо 10–16 мм. Баъд аз анҷоми марҳилаи суфтакунӣ намунаҳо барои равшан намудани сохтори металлографӣ дар маҳлули 20-фоизаи кислотаи нитрат дар муддати 10–20 сония травление карда шуданд.



Расми 1 – Нақшаи озмоиши сахтӣ тибқи усули Бринелл (ГОСТ 9012–59) (а) ва дастгоҳи ченқунии сахтӣ MODEL HBRV-187.5D (б)

Figure 1 – Brinell hardness test performed in accordance with GOST 9012–59 (a) and the MODEL HBRV-187.5D hardness testing machine (b)

Барои муайян намудани сахтии ҳулаҳо усули Бринелл истифода гардид, ки мувофиқи талаботи ГОСТ 9012–59 амалӣ карда мешавад. Моҳияти ин усул аз он иборат аст, ки ба сатҳи намунаи озмоишшаванда сақои пӯлодии дорои диаметри муайян D (2,5; 5; 10 мм) бо таъсири сарбории муайян F дар давоми вақти муайян фишурда мешавад (расми 1 а).

Ин усули ченкунӣ як қатор бартариҳо дорад: иҷрои он нисбатан содда мебошад, натиҷаҳои ченкунӣ дақиқии кофӣ доранд ва талабот ба дараҷаи тозагии сатҳи намуна нисбат ба баъзе усулҳои дигар камтар аст. Илова бар ин, байни қимати сахтӣ HB ва нишондиҳандаи ов (ҳадди мустаҳкамӣ) қабилӣ) робитаи таҷрибавӣ устувор мушоҳида мешавад.

Қимати сахтӣ аз рӯи усули Бринелл бо аломати HB ишора мегардад. Дар ин ишора H ҳарфи аввали калимаи англисии Hardness буда, маънои сахтиро ифода мекунад, дар ҳоле ки B ба номи муаллифи усули мазкур Johan August Brinell мувофиқ аст.

Аз нуқтаи назари физикӣ, нишондиҳандаи сахтии Бринелл ҳамчун нисбати қувваи сарбории таъсиркунанда F ба масоҳати сатҳи изи сферии ба вучудода S дар сатҳи намуна муайян карда мешавад. Арзиши ҳосилшуда одатан бо воҳидҳои кг/мм² ё МПа ифода мегардад.

Ҳисобкунии ин нишондиҳанда мувофиқи ифодаи математикӣ (формула) анҷом дода мешавад, ки шакли он чунин аст:

$$HB = \frac{P}{S} \quad (1)$$

Сахтӣ, ки тавассути диаметри сақо D ва диаметри изи ҳосилшуда d ифода мегардад, бо формулаи зерин тавсиф карда мешавад:

$$HB = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad (2)$$

Барои гузаронидани озмоиш дастгоҳи ченкунии сахтӣ MODEL HBRV-187.5D (расми 1 б) истифода гардид.

Намунаҳое, ки барои санҷиш омода карда шуданд, шакли цилиндрӣ дошта, ғафсии онҳо тақрибан 10 мм ва диаметрашон 16 мм интихоб карда шуд. Ченкунии сахтӣ бо истифода аз сақои пӯлодии диаметраш D = 10 мм анҷом дода шуда, ба сатҳи намуна сарбории P = 250 кг таъсир дода шуд.

Озмоишҳо дар намунаҳое гузаронида шуданд, ки ғафсии онҳо аз 6 мм зиёд буда, диаметрашон 16 мм-ро ташкил медед. Ин параметрҳо имкон доданд, ки ченкунии сахтӣ бо дақиқии кофӣ ва мутобиқ ба талаботи стандартӣ амалӣ карда шавад.

Натиҷаҳои таҷрибавӣ ва муҳокимаи онҳо

Объекти асосии тадқиқот баббитаи саноатии рехтагии қалъагӣ мебошад, ки таркиби химиявӣ он ба таври зерин ифода меёбад (% массавӣ): Sb – 6; Cu – 11; боқимонда Sn. Ин навъи баббит дар амалияи муҳандисӣ ҳамчун маводи подшипникӣ васеъ истифода мешавад, зеро он дорои хосиятҳои хуби зиддфриксионӣ, қобилияти мутобиқшавӣ ба шароити кори подшипник ва устувории нисбатан баланд ба фарсудаҷавӣ мебошад. Мувофиқи таснифи байналмилалӣ ин мавод ба гурӯҳи баббитҳои баландқалъагӣ мансуб буда, ба навъи баббит B83 мувофиқат мекунад.

Бо мақсади омӯзиши таъсири элементҳои ҷавҳароникунанда ба ташаккули сохтор ва хосиятҳои механикӣ ин мавод, як қатор ҳулаҳои таҷрибавӣ ҳосил карда шуданд, ки ба таркиби онҳо таллий дар миқдори 0,05–1,0 % массавӣ илова карда шуд. Ворид намудани ин элемент ба таркиби баббит ҳамчун усули модификатсияи сохтор баррасӣ гардид, ба тағйирёбии морфология ва андозаи ҷузъҳои сохторӣ мусоидат менамояд.

Таҳлили металлографии нишон медиҳад, ки иловаҳои таллий раванди майдашавии фазаҳои сохториро ғаъол мегардонанд. Дар натиҷа микросохтори баббитаи қалъагӣ шакли системаи композитсиониро мегирад, ки аз матритсаи металлӣ нисбатан нарм ва дохилшавиҳои сахти интерметаллии дисперсӣ иборат мебошад. Матритсаи асосӣ аз қалъагӣ ташкил ёфта, бо пластикии баланд, қобилияти хуби коркардаҷавӣ ва гузаронандагии муносиби гармӣ фарқ мекунад. Дар дохили ин матритса фазаҳои эвтектикӣ ва интерметаллидҳои сурма ва мис паҳн гардидаанд, ки ба баланд гардидани устувории механикӣ мусоидат мекунад.

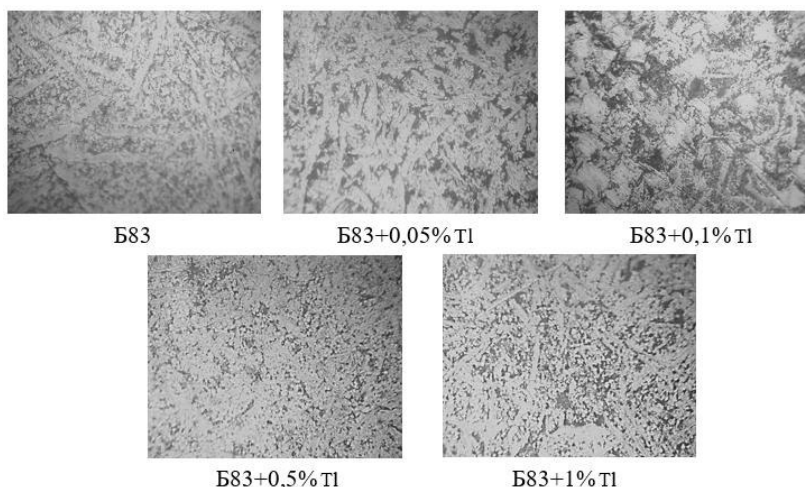
Дар ҷараёни кристаллизатсияи ҳула аввал интерметаллидҳои ҳарорати баланди мису қалъагӣ ба вучуд меоянд, аз ҷумла Cu₆Sn₅ ва Cu₃Sn, ки одатан морфологияи сӯзаншакл ё табақашакл доранд. Ин фазаҳо ҳамчун унсурҳои мустаҳкамкунандаи сохтор амал намуда, ба баланд шудани муқовимати мавод ба фарсудаҷавӣ мусоидат мекунад. Дар марҳилаҳои минбаъдаи сахтшавӣ матритсаи қалъагӣ ташаккул ёфта, дар он омехтаи эвтектикии Sn + SnSb ба вучуд меояд, ки ба устувории умумии сохтор таъсири мусбат мерасонад.

Хосиятҳои механикӣ баббит, аз ҷумла сахтӣ, мустаҳкамӣ ва устуворӣ ба фарсудаҷавӣ, бевосита ба хусусиятҳои микросохтор вобаста мебошанд. Матритсаи нисбатан нарм имконияти деформатсияи пластикиро таъмин намуда, қобилияти худмолишдиҳӣ ва мутобиқшавии сатҳҳои

тамосро баланд мебардорад. Ҳамзамон, дохилшавиҳои саҳти интерметаллӣ ҳамчун унсурҳои борбардор амал карда, муқовимати маводро ба таъсири сарбориҳои механикӣ зиёд мекунанд.

Натиҷаҳои таҳқиқ нишон медиҳанд, ки иловаҳои таллий дар ҳудуди то 1,0 % массавӣ ҳамчун модификатори фаъоли сохтор амал мекунанд. Дар ин ҳолат андозаи донаҳо ва фазаҳои интерметаллӣ хурдтар гардида, тақсимшавии онҳо дар матритса якхелатар мегардад. Чунин тағйироти сохторӣ боиси ташаккули микросохтори майдадонона ва устувортар мегардад.

Ҳамчунин муайян карда шуд, ки тағйирёбии микросохтор ба ҳосиятҳои механикӣ ҳула таъсири назаррас мерасонад. Натиҷаҳои ҷенкунии саҳтӣ нишон медиҳанд, ки бо зиёд гардидани миқдори таллий дар таркиби баббиту Б83 қиматҳои саҳтӣ ва мустаҳкамӣ тадриҷан тағйир меёбанд. Таъсири бештарини модификатсионӣ дар ҳолати иловаи тақрибан 1 % массавии таллий мушоҳида гардид, ки дар он сохтори ҳула нисбатан майда, якхела ва устувор мегардад (расми 2).



Расми 2 – Микросохторҳо ($\times 500$)-и баббиту қалъагӣ Б83, ки бо таллий ҷавҳаронида шудааст
Figure 2 – Microstructures ($\times 500$) of B83 tin babbitt alloy doped with thallium

Яке аз усулҳои маъмултарини арзёбии ҳосиятҳои механикӣ металлҳо ва ҳулаҳо муайян намудани саҳтӣ ба ҳисоб меравад. Ин намуди санҷиш дар амалияи материалшиносӣ васеъ истифода бурда мешавад, зеро байни сохтори дохилии мавод ва ҳосиятҳои механикӣ он робитаи зич вучуд дорад. Аз ин рӯ, аз рӯи қимати саҳтӣ мумкин аст ҳулосаҳои пешакӣ дар бораи як қатор хусусиятҳои дигари механикӣ, аз ҷумла мустаҳкамӣ, муқовимат ба фарсудаҷавӣ ва қобилияти деформатсияи пластикӣ бароварда шаванд.

Муайян намудани саҳтӣ имкон медиҳад таъсири намудҳои гуногуни коркарди ҳароратӣ ва механиро ба сохтори ҳулаҳо таҳлил кард. Аз ҷумла, тавассути ҷенкунии саҳтӣ мумкин аст муайян намуд, ки дар қисмҳои алоҳидаи ҷузъҳо дар натиҷаи тағйирёбии микросохтор дар буриши онҳо оё қабатҳои мустаҳкамшуда ё минтақаҳои бо ҳосиятҳои гуногун ташаккул ёфтаанд ё не. Чунин таҳқиқот барои баҳодиҳии сифати коркарди технологӣ ва устувории мавод аҳамияти муҳим дорад.

Барои муайян намудани ҳадди мустаҳкамии маводи таҳқиқшаванда аз рӯи натиҷаҳои ҷенкунии саҳтӣ формулаҳои эмпирикӣ истифода бурда мешаванд. Барои ин зарур аст, ки ифодаи ҳисобӣ интиҳоб гардида, барои навъи мушаххаси мавод қимати мувофиқи коэффисиенти таҷрибавӣ k муайян карда шавад. Баъд аз он қимати саҳтӣ, ки бо усули Johan August Brinell муайян шудааст, яъне HB, ба формула ҷойгузин карда шуда, ҳисобкунии ҳадди мустаҳкамӣ анҷом дода мешавад.

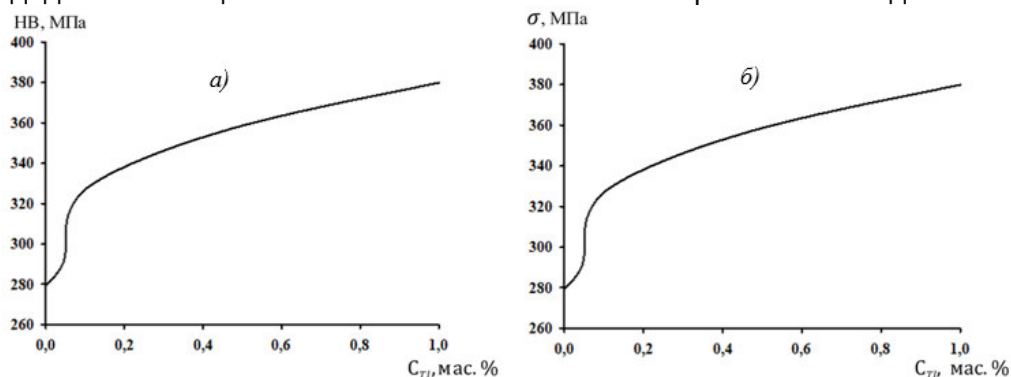
Тибқи маълумоти таҷрибавӣ, байни ҳадди мустаҳкамии металл ва қимати саҳтӣ, ки бо усули Бринелл муайян мегардад, вобастагии тақрибӣ мавҷуд аст. Ин вобастагӣ одатан бо муодилаи зерин ифода карда мешавад:

$$\sigma_B = k \cdot HB, \text{ МПа.} \quad (3)$$

Барои ҳулаҳои асосашон қалъагӣ қимати коэффисиенти таҷрибавӣ k одатан ба 0,13 баробар қабул карда мешавад. Бо дарназардошти ин нишондиҳанда арзиши ҳадди мустаҳкамӣ (σ_B) барои ҳулаҳои таҳқиқшаванда аз нав ҳисоб карда шуд. Натиҷаҳои ҳисобкуниҳо дар шакли графикӣ дар расми 3 пешниҳод гардидаанд.

Таҳлили маълумоти графикӣ нишон медиҳад, ки бо зиёд гардидани миқдори таллий дар таркиби баббита ибтидоӣ то 1,0 % массавӣ қиматҳои сахтӣ (расми 3 а) ва инчунин ҳадди мустаҳкамии мавод (расми 3 б) тадриҷан меафзоянд. Ин тамоюл ба он вобаста аст, ки иловаи таллий ба тағйирёбии микросохтор ва майдашавии фазаҳои сохторӣ мусоидат мекунад, ки дар натиҷа устувории механикӣ ҳула баланд мегардад.

Дар байни ҳамаи концентратсияҳои омӯхташуда таъсири бештарини модификатсионӣ ба иловаи тақрибан 1 % массавӣ таллий мувофиқат мекунад. Дар ҳамин миқдор баландшавии назарраси сахтӣ ва мустаҳкамӣ ба қайд гирифта шуда, нишон медиҳад, ки чунин миқдори таллий барои тақмил додани хосиятҳои механикӣ баббита асосӣ самаранок мебошад.



Расми 3 – Вобастагии сахтӣ (а) ва мустаҳкамӣ (б) баббита қалъагии В83 аз миқдори таллий, мас. %
Figure 3 – Effect of thallium content (wt.%) on the hardness (a) and tensile strength (b) of B83 tin babbitt

Хулоса

Таҳқиқоти баббита қалъагӣ В83, ҷавҳаронӣ бо таллий, нишон дод, ки иловаи то 1,0 % массавӣ таллий ба микросохтор ва хосиятҳои механикӣ мавод таъсири мусбат мерасонад. Фазаҳои интерметаллии SnSb ва Cu₆Sn₅ дар матритса паҳн гардида, бо иловаи таллий донаҳо майда ва тақсимои фазаҳои сахт яхела мегардад. Ин тағйирот ба афзоиши сахтӣ, устувории фарсудашавӣ ва қобилияти борбардории баббит мусоидат мекунад.

Таҳлили микросохторӣ нишон дод, ки таъсири таллий ба ҷузъҳои сохторӣ ва тақсимои фазаҳо мустақиман вобаста ба миқдори илова мебошад; таъсири максималӣ дар концентратсияи 1 % массавӣ мушоҳида шуд. Иловаи камтар аз 1 % сохторро каме майда мекунад, аммо яхела нагардонда, таъсири механикӣ пурра таъмин намекунад.

Дар маҷмӯъ, хосиятҳои баббит на танҳо аз таркиби химиявӣ, балки пеш аз ҳама аз хусусиятҳои микросохтор вобастаанд. Идоракунии дурусти таркиб ва режими технологӣ барои ба даст овардани хосиятҳои оптималии механикӣ ва антифриксионӣ аҳамияти муҳим дорад.

Муқаррир: Сафаров А.Ф. – д.и.т., дотсент, қорманди илмӣ Институти физикаю техникаи ба номи С.У. Умарови Академияи миллии илмҳои Тоҷикистон.

Адабиёт

1. Александров, В. М. Материаловедение и технология конструкционных материалов: учебное пособие. Ч. 1: Материаловедение / В. М. Александров. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2015. – 327 с.
2. Лужникова, Л. П. Материалы в машиностроении. Т. 1: Цветные металлы и сплавы / Л. П. Лужникова. – М., 1967. – 287 с.
3. Семенов, А. П. Антифрикционные материалы: опыт применения и перспективы / А. П. Семенов // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2007. – № 12. – С. 21–36.
4. Королев, А. А. Фазовые равновесия для Pb-Sb-Sn сплава при вакуумной дистилляции / А. А. Королев, С. А. Краюхин, Г. И. Мальцев // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2018. – № 1(57). – С. 128–140.
5. Rezaei, B. Effects of Casting Temperature of Pb-Sb-Sn Grid Alloy on the Polarization Potential of Oxygen Evolution of Lead Acid Batteries / B. Rezaei // Russian Journal of Electrochemistry. – 2006. – Vol. 42, No. 4. – P. 350–354.
6. Ali, E. A. Effects of Sb and/or Sn Concentrations on the SbSn Formation in a Ternary Melt-Spun Pb-Sb-Sn Alloy / E. A. Ali, M. Hameed Majeed, M. S. Gumaan, A. Alameri, Sh. M. A. M. Alsowidy, N. Q. Al Naggar, R. M. Shalaby // Results in Materials. – 2022. – Vol. 16. – Art. no. 100307.

7. ГОСТ 1320-74. Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
8. Бешевли, О. Б. Особенности теплового состояния баббитов при механической обработке / О. Б. Бешевли, Т. А. Дуюн // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2010. – № 2(85). – С. 75–81.
9. Мальцев, М. В. Модифицирование структуры металлов и сплавов / М. В. Мальцев. – М.: Металлургия, 1984. – 280 с.
10. Исмонов, Р. Д. Микроструктура алюминиево-бериллиевого сплава AlBe1 с галлием и фазовый состав продуктов их окислений / Р. Д. Исмонов // Химия. Экология. Урбанистика. – 2024. – Т. 4. – С. 61–64. – EDN: RMFNGR.

Reference

1. Aleksandrov, V. M. Materials Science and Technology of Structural Materials: A Textbook. Part 1: Materials Science / V. M. Aleksandrov. – Arkhangel'sk: Northern (Arctic) Federal University, 2015. – 327 p.
2. Luzhnikova, L. P. Materials in Mechanical Engineering. Vol. 1: Non-Ferrous Metals and Alloys / L. P. Luzhnikova. – Moscow, 1967. – 287 p.
3. Semenov, A. P. Antifriction Materials: Application Experience and Prospects / A. P. Semenov // Friction and Lubrication in Machines and Mechanisms. – 2007. – No. 12. – Pp. 21–36.
4. Korolev, A. A. Phase equilibria for Pb-Sb-Sn alloy during vacuum distillation / A. A. Korolev, S. A. Krayukhin, G. I. Mal'tsev // Bulletin of Samara State Technical University. Series: Technical Sciences. – 2018. – No. 1 (57). – P. 128–140.
5. Rezaei, B. Effects of Casting Temperature of Pb-Sb-Sn Grid Alloy on the Polarization Potential of Oxygen Evolution of Lead Acid Batteries / B. Rezaei // Russian Journal of Electrochemistry. – 2006. – Vol. 42, No. 4. – P. 350–354.
6. Ali, E. A. Effects of Sb and/or Sn Concentrations on the SbSn Formation in a Ternary Melt-Spun Pb-Sb-Sn Alloy / E. A. Ali, M. Hameed Majeed, M. S. Gumaan, A. Alameri, Sh. M. A. M. Alsowidy, N. Q. Al Naggar, R. M. Shalaby // Results in Materials. – 2022. – Vol. 16. – Art. no. 100307.
7. GOST 1320-74. Tin and lead babbitts. Specifications. – Moscow: IPK Publishing House of Standards, 2001.
8. Beshevli, O. B. Features of the thermal state of babbitts during mechanical processing / O. B. Beshevli, T. A. Dyun // Bulletin of BSTU im. V. G. Shukhova. – 2010. – №2(85). – P. 75–81.
9. Mal'tsev, M. V. Modification of the structure of metals and alloys / M. V. Mal'tsev. – Moscow: Metallurgy, 1984. – 280 p.
10. Ismonov, R. D. Microstructure of aluminum-beryllium alloy AlBe1 with gallium and phase composition of their oxidation products / R. D. Ismonov // Chemistry. Ecology. Urban studies. – 2024. – Vol. 4. – P. 61–64. – EDN: RMFNGR.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФ – INFORMATION ABOUT AUTHOR

TJ	RU	EN
Ғаниев Изатулло Наврузович	Ганиев Изатулло Наврузович	Ganiev Izatullo Navruzovich
Академики АМИТ, доктори илмҳои химия, профессор	Академик НАНТ, доктор химических наук, профессор	Academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Doctor of Chemical Sciences, Professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S.Osimi
E-mail: ganiev48@mail.ru		
TJ	RU	EN
Музафаров Хусрав Давляталиевич	Музафаров Хусрав Давляталиевич	Muzafarov Khusrav Davlyatalievich
Унвонҷӯ	Соискатель	Applicant
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
TJ	RU	EN
Исмонов Рустам Довудович	Исмонов Рустам Довудович	Ismonov Rustam Dovudovich
н.и.т., дотсент	к.т.н., доцент	Ph.D., associate professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi
E-mail: ird-78@mail.ru		
TJ	RU	EN
Хочаназаров Хайрулло Маҳмудхонович	Ходжаназаров Хайрулло Махмудхонович	Khojanazarov Khayrullo Mahmudkhonovich
н.и.т., и.в. дотсент	к.т.н., и.о. доцента	Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor
ДТТ ба номи академик М.С. Осимӣ	ТТУ имени академика М.С. Осими	TTU named after academician M.S. Osimi